

ANALISIS PEMBANGKIT TENAGA *DIESEL* DI PULAU CELAGEN

Indra Susanto ^{a)}, Wahri Sunanda, dan Rudy Kurniawan

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Bangka Belitung
Jalan Kampus Peradaban, Desa Balun Ijuk, Merawang, Kepulauan Bangka Belitung, 33172

^{a)} indra.susanto21@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga *Diesel* (PLTD) merupakan jenis pembangkit yang mengonsumsi bahan bakar minyak bumi yang berada di pemukiman Rukun Tetangga (RT) pulau Celagen dimana saat ini *diesel generator* yang tersedia beroperasi selama 24 jam/hari dengan konsumsi rata-rata harian sebesar 1.069 kWh dengan melakukan pemodelan sistem *PLTD* menggunakan *software* HOMER sebagai perangkat lunak dalam perhitungan biaya selama pengoperasian PLTD. Hasil dari simulasi HOMER mesin *diesel* yang dioperasikan berjumlah 2 x 100 kW dengan jam kerja *diesel generator* selama kurun waktu 1 tahun selama 8.760 jam menghasilkan energi listrik untuk pemukiman pulau Celagen sebesar 497.215 kWh/tahun. Dalam pengoperasian mesin *diesel generator* menghabiskan bahan bakar minyak *solar* sebanyak 161.924 liter dengan biaya bahan bakar *diesel generator* sebesar Rp 1.158.289.024/tahun. Biaya *Net Present Cost* (NPC) yang harus dikeluarkan dalam pemodelan pembangunan untuk sistem pembangkit listrik tenaga *diesel generator* 2 x 100 kW dalam periode pembangunan selama 25 tahun yaitu sebesar Rp 16,5 M dengan Biaya Pokok Produksi (BPP)/*Cost of Energy*(COE) yang dihasilkan sebesar Rp 3,269/kWh.

Kata kunci: *Pembangkit listrik, diesel generator, HOMER*

PENDAHULUAN

Pulau Celagen adalah merupakan salah satu gugusan pulau kecil di kabupaten Bangka Selatan. Secara administratif masuk dalam kecamatan Kepulauan Pongok. Kecamatan Kepulauan Pongok merupakan kecamatan yang terdiri dari 2 pulau yaitu Pulau Pongok dan Pulau Celagen. Dengan luas wilayah sebesar 92,128 km, Kecamatan Kepulauan Pongok secara administratif terbagi menjadi 2 Desa yaitu, Pongok dan Celagen. Secara geografis, lokasi pulau Celagen berdekatan dengan pulau Pongok, berjarak sekitar 500 meter sebelah barat dari pulau Pongok. Pulau Celagen berada pada titik koordinat -2.873386, 107.015189. Pulau Celagen memiliki jumlah penduduk sebanyak 1.234 jiwa yang didominasi dengan mata pencaharian pokok sebagai nelayan. (Farhaby, 2019).

Untuk memenuhi kebutuhan listrik di Pulau Celagen, pada tahun 2013, PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) membangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan kapasitas 80 kWp. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan Beban Puncak, kapasitas daya mampu PLTS tidak dapat lagi memenuhi semua kebutuhan beban tersebut. Pada tahun 2017, PLN kembali membangun Pembangkit Listrik Tenaga *Diesel* (PLTD) dengan kapasitas 3 x 100 kW. Dengan dibangunnya PLTD di Pulau Celagen, kebutuhan beban puncak yang pada bulan Februari 2019 mencapai 60 kW disuplai dari PLTD, sedangkan PLTS dalam kondisi tidak beroperasi. Yang diharapkan dalam penelitian ini adalah menganalisis pengoperasian PLTD di Pulau Celagen dengan menggunakan *software* HOMER sehingga didapatkan gambar tentang nilai NPC, BPP/COE dan pemakaian bahan bakarnya.

Dari uraian latar belakang dapat dirumuskan permasalahan penelitian yaitu :

1. Bagaimana pemodelan sistem pembangkit listrik (*diesel*) di Pulau Celagen yang akan dirancang dengan menggunakan *software* HOMER.
2. Bagaimana cara menganalisis nilai NPC, BPP/COE dan penggunaan bahan bakar di PLTD Pulau Celagen dan menentukan model pengoperasian yang paling ekonomis.

LANDASAN TEORI

A. Pembangkit Listrik Tenaga *Diesel*

Pembangkit Listrik Tenaga *Diesel* (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin *diesel* sebagai penggerak mula (*prime mover*). *Prime mover* merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor *generator*. Mesin *diesel* sebagai penggerak mula PLTD berfungsi menghasilkan tenaga mekanis yang dipergunakan untuk memutar rotor *generator*. Pembangkit Listrik Tenaga *Diesel* biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam jumlah beban kecil, terutama untuk daerah baru yang terpencil atau untuk listrik pedesaan dan untuk memasok kebutuhan listrik suatu pabrik.

Prinsip kerja PLTD yaitu bahan bakar di dalam tangki penyimpanan bahan bakar dipompakan ke dalam tangki penyimpanan sementara namun sebelumnya disaring terlebih dahulu. Kemudian disimpan di dalam tangki penyimpanan sementara (*daily tank*). Jika bahan bakar adalah bahan bakar minyak (BBM) maka bahan bakar dari *daily tank* dipompakan ke pengabut (*nozzel*), bahan bakar dinaikkan temperaturnya hingga menjadi kabut. Sedangkan jika bahan bakar adalah bahan bakar gas (BBG) maka dari *daily tank* dipompakan ke *conversion*

kit (pengatur tekanan gas) untuk diatur tekanannya kemudian di dalam mesin *diesel* terjadi penyalan sendiri karena proses kerjanya berdasarkan udara murni yang dimanfaatkan di dalam silinder pada tekanan yang tinggi sehingga temperatur di dalam silinder naik kemudian bahan bakar disemprotkan dalam silinder yang bertemperatur dan bertekanan tinggi melebihi titik nyala bahan bakar sehingga akan menyala secara otomatis yang menimbulkan ledakan bahan bakar.

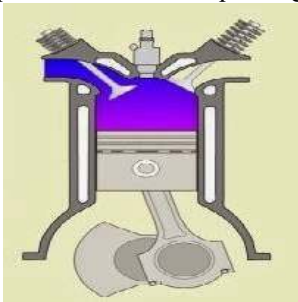


Gambar 1. *Diesel generator*

Berikut ini prinsip kerja dari mesin diesel 4 langkah:

1. Langkah hisap

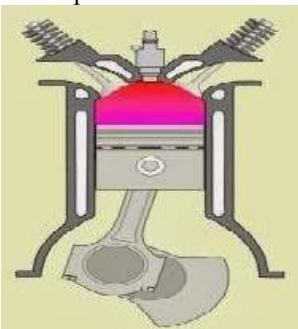
Selama langkah pertama, yakni langkah hisap, piston bergerak ke bawah dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB) sehingga membuat kevakuman di dalam silinder, kevakuman ini membuat udara terhisap dan masuk ke dalam silinder. Pada saat ini katup hisap membuka dan katup buang menutup



Gambar 2. Proses langkah hisap mesin diesel

2. Langkah Kompresi

Pada langkah kedua disebut juga dengan langkah kompresi, udara yang sudah masuk ke dalam silinder akan ditekan oleh piston yang bergerak ke atas (TMA). Perbandingan kompresi pada motor diesel berkisar antara 14 : 1 sampai 24 : 1. Akibat proses kompresi ini udara menjadi panas dan temperaturnya bisa mencapai sekitar 900 °C. Pada langkah ini kedua katup dalam posisi menutup semua.



Gambar 3. Proses kompresi mesin diesel

3. Langkah Pembakaran

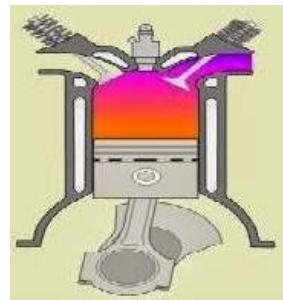
Pada akhir langkah kompresi, injector nozzle menyemprotkan bahan bakar dengan tekanan tinggi dalam bentuk kabut ke dalam ruang bakar dan selanjutnya bersama sama dengan udara terbakar oleh panas yang dihasilkan pada langkah kompresi. Diikuti oleh pembakaran tertunda, pada awal langkah usaha akhirnya pembentukan atom bahan bakar akan terbakar sebagai hasil pembakaran langsung dan membakar hampir seluruh bahan bakar. Mengakibatkan panas silinder meningkat dan tekanan silinder yang bertambah besar. Tenaga yang dihasilkan oleh pembakaran diteruskan ke piston. Piston terdorong ke bawah (TMA) dan tenaga pembakaran dirubah menjadi tenaga mekanik. Pada saat ini kedua katup dalam posisi tertutup.



Gambar 4. Proses pembakaran pada mesin diesel

4. Langkah Buang

Dalam langkah ini piston akan bergerak naik ke TMA dan mendorong sisa gas buang keluar melalui katup buang yang sudah terbuka, pada akhir langkah buang udara segar masuk dan ikut mendorong sisa gas bekas keluar dan proses kerja selanjutnya akan mulai. Pada langkah ini katup buang terbuka dan katup masuk tertutup.



Gambar 5. Proses langkah buang mesin diesel

B. Software HOMER

HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*) merupakan perangkat lunak simulasi yang mengoptimalkan sistem pembangkit tenaga listrik maupun *off-grid (stand-alone)* maupun *grid-connected* yang dapat terdiri atas kombinasi *photovoltaic*, mikrohidro, baterai dan kombinasi sumber energi baru dan terbarukan lainnya serta untuk melayani beban listrik maupun beban *thermal*. HOMER juga berfungsi untuk mempermudah modeler dalam merancang dan menganalisa berbagai macam aplikasi sistem tenaga listrik, baik yang terhubung ke grid maupun tidak. HOMER mengizinkan pengguna untuk membandingkan beberapa rancangan sistem yang berbeda berdasarkan faktor sumber daya alam,

ekonomi (biaya) dan komponen peralatan yang digunakan Perangkat lunak HOMER ini dikembangkan oleh *The National Renewable Energy Laboratory (NREL)*, USA yang bekerjasama dengan *Mistaya Engineering*, dimana hak ciptanya dilindungi oleh *Midwest Research Institute (MRI)* dan digunakan oleh Departemen Energi Amerika Serikat (DOE).



Gambar 6. Tampilan awal software HOMER

C. Biaya Pokok Penyediaan Pembangkit

Biaya Pokok Penyediaan (BPP) Pembangkit adalah Total biaya yang diperlukan untuk membangkitkan tiap kWh energi listrik. Sesuai Peraturan di PT. PLN (Persero) formula untuk menghitung BPP adalah sebagai berikut :

$$BPP = \frac{(\text{jumlah biaya operasi} + \text{biaya bunga pinjaman})}{(\text{kWh Produksi Netto atau kWh salur atau kWh Jual})}$$

Keterangan :

Untuk unit pembangkitan, menggunakan kWh produksi netto, termasuk kWh unit pembangkit sewa dan pembangkit IPP

Untuk unit wilayah dan distribusi, menggunakan kWh Jual

KWh produksi netto adalah kWh produksi bruto dari unit pembangkit milik PLN dikurangi dengan pemakaian sentral (PS) pembangkit.

METODE PENELITIAN

Langkah penelitian yang diambil antara lain :

1. Pengumpulan data mencakup data beban, data spesifikasi teknis Pembangkit dan jaringan di Pulau Celagen.
2. Merancang model pengoperasian PLTD serta memasukkan Data beban pelanggan dan parameter lainnya di Pulau Celagen pada Aplikasi HOMER.
3. Menjalankan simulasi pada Aplikasi HOMER Operasi hanya pembangkit *diesel* (PLTD)
4. Melakukan evaluasi dari masing-masing skenario simulasi yang dilakukan
5. Melakukan analisis terhadap hasil simulasi yang didapatkan dari aplikasi, analisis mencakup besarnya biaya operasi masing-masing pembangkit, skema pembebanan yang paling optimal antara pembangkit tersebut.
6. Menghitung BPP/CEO

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemodelan *Diesel* Genarator

Parameter-parameter beban di Pulau Celagen

Produksi kWh Pulau Celagen : 29.920 kWh
Februari 2019

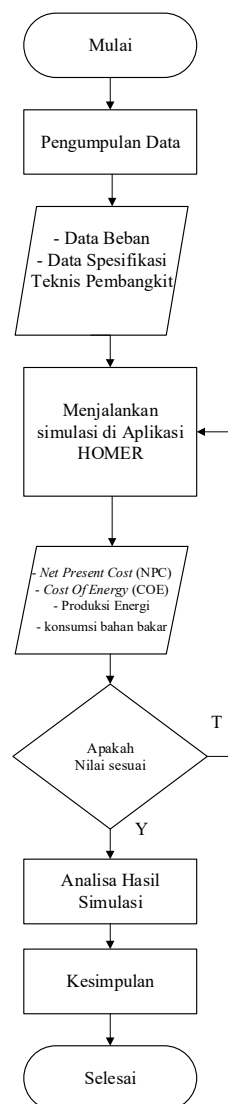
Produksi kWh Pulau Celagen : 1.069 kWh
rata-rata harian

Lama pengoperasian *diesel* : 24 jam/hari
generator

Spesific Fuel Consumption : 100% = 0,227
(SFC) L/kWh
75% = 0,229
L/kWh
50% = 0,231
L/kWh

Kapasitas Daya *Diesel* : 3 x 100 kW
generator

Mesin *Diesel* yang dioperasikan di Pulau Celagen yaitu mesin Merk *Deutz* Type BF 6M1013 EC. Dikarenakan keterbatasan data merk dan type mesin *diesel* di Aplikasi HOMER, untuk mendapatkan hasil perhitungan pada software HOMER yang mendekati atau sama besarnya biaya yang dikeluarkan dalam pengoperasian *diesel generator* di pulau Celagen maka dipilih spesifikasi mesin *diesel generator* dalam pemodelan pada software HOMER.



Gambar 7. Langkah-langkah Penelitian

Tabel 1. Parameter-parameter yang ada di PLTD pulau Celagen

Tabel 2. Spesifikasi mesin *diesel generator* yang digunakan pada pemodelan *software* HOMER

| | |
|-----------------|--|
| Daya | : 100 kW |
| Engine | : Generic Medium Generator set (size-your-own) |
| No. Of Cylinder | : 6 |
| Bore x Stroke | : 107 x 124.0 mm |
| Rated Speed | : 1.800 rpm |
| Oil Capacity | : 25 Ltr |
| Price | : Rp. 2.238.105,54 / kW |

Biaya O&M *diesel generator*

Keterangan :

Jumlah oli (liter)= 25 liter/2 bulan

Jenis oli = Meditran SX PLUS CI 4

harga/liter = Rp 27.335

biaya O&M= (jumlah oli x harga/liter)/(jam kerja)

biaya O&M= (25 x Rp 27.335)/(24 x 2(30))

biaya O&M= (Rp 185.000)/(24 x 60 hari)

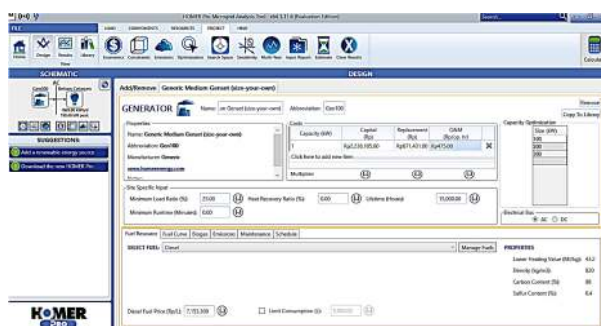
biaya O&M= Rp 475/jam

Kemudian biaya bahan bakar minyak *solar* dalam pengoperasian mesin *diesel generator* dalam perhitungan *software* HOMER dimasukkan dalam biaya fuel cost.

Tabel 3. Harga Jual BBM Pertamina untuk PLN Periode 1 s.d 28 Februari 2019

| No | Komoditi | Harga sebelum PPN 10% (Rp/liter) |
|----|---------------|----------------------------------|
| 1 | HSD/Bio Solar | 6.503 |
| 2 | MFO | 5.521 |
| 3 | IDO | 6.454 |

Skema rangkaian dan biaya modal dalam pemodelan sistem pembangkit listrik tenaga *diesel* pada *software* HOMER.

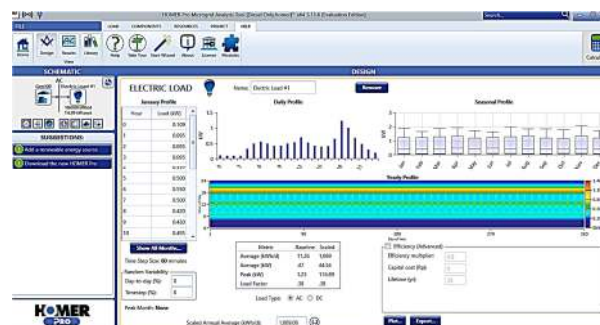


Gambar 8. Skema pemodelan *diesel generator*

2. Skema Beban Listrik Pulau Celagen

Dari gambar 9 energi listrik yang disalurkan untuk pemukiman pulau Celagen rata-rata sebesar 1.069 kWh/hari dengan beban puncak (peak load) sebesar

116,89 kW berdasarkan baseline beban rumah tangga pada aplikasi HOMER.

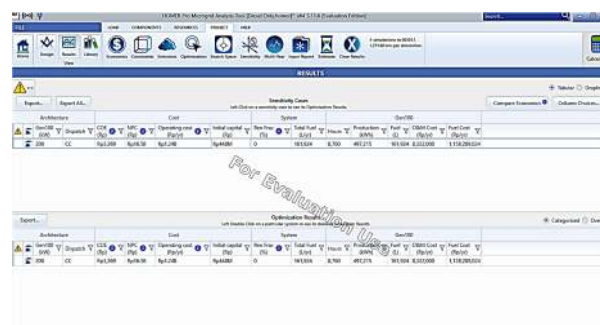


Gambar 9. Beban daya listrik penduduk pulau Celagen

3. Analisis Kinerja *Diesel generator* RT Pulau Celagen

Setelah data input beban listrik dan parameter *diesel generator* dimasukkan, selanjutnya *software* HOMER akan menghitung besar biaya yang akan dikeluarkan dalam pemodelan sistem pembangkit listrik tenaga *diesel generator* di pulau Celagen.

Dari gambar 12, hasil Analisa dari aplikasi Homer menyatakan bahwa untuk mendapatkan nilai optimal, mesin *diesel* yang dioperasikan berjumlah 2 x 100 kW dengan jam kerja *diesel generator* selama kurun waktu 1 tahun selama 8.760 jam menghasilkan energi listrik untuk pemukiman pulau Celagen sebesar 497.215 kWh/tahun. Dalam pengoperasian mesin *diesel generator* 100 kW menghabiskan bahan bakar minyak *solar* sebanyak 161.924 liter. Telah diketahui harga minyak *solar* Rp 7.153,3 /liter setelah PPN 10%, maka biaya bahan bakar fuel *diesel generator* 100 kW sebesar Rp 1.158.289.024/tahun. Biaya *Net Present Cost* (NPC) yang harus dikeluarkan dalam pemodelan pembangunan untuk sistem pembangkit listrik tenaga *diesel generator* 2 x 100 kW dalam periode pembangunan selama 25 tahun yaitu sebesar Rp 16,5 M dengan biaya produksi listrik (COE) yang dihasilkan oleh mesin *diesel* 100 kW sebesar Rp 3,269/kWh.



Gambar 10. Hasil perhitungan pembangkit *diesel generator*

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisis hasil simulasi pemodelan oleh *software* HOMER, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil simulasi menggunakan *software* HOMER pada pemodelan sistem *diesel generator* menampilkan bahwa energi listrik yang diproduksi sebesar 497.215 kWh/tahun

2. Hasil simulasi menggunakan *software* HOMER pada pemodelan sistem *diesel generator* menampilkan bahwa biaya pokok penyediaan (BPP) atau biaya produksi listrik/*Cost of Energy* (COE) sebesar Rp. 3.269/kWh.
3. Hasil simulasi menggunakan *software* HOMER pada pemodelan sistem *diesel generator* menghabiskan bahan bakar minyak solar sebanyak 161.924 liter per tahun

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Wahri Sunanda, S.T., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing Utama Skripsi dan selaku Plt Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Bapak Rudy Kurniawan, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Pendamping Skripsi.
3. Ibu Rika Favioria Gusa, S.T., M.Eng, selaku Anggota Dewan Penguji.
4. Bapak Fardhan Arkan, S.T., M.T., selaku Anggota Dewan Penguji.
5. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Elektro FT Universitas Bangka Belitung.
6. Mamah tercinta Indah Supartiningrum yang selalu berdo'a dan memberi nasehat kepada penulis.
7. Istri dan anak-anakku tercinta Fatmala Putri, Bazla Razan Maulana dan Mauza Arzan Nararya yang selalu memberikan support dan dukungannya.
8. Rekan-rekan seperjuangan Alih Jenjang 2017 yang berbahagia.
9. Almamaterku tercinta.

DAFTAR PUSTAKA

- Google Earth. Pulau Celagen. 2016. Tersedia dari: <https://www.google.co.id/earth/place/Pulau+Celagen> n [URL dikunjungi pada 16 Maret 2018]
- Farhaby, Arthur Muhammad. 2019. Analisis Usaha Perikanan Tangkap Kapal Bagan di Pulau Celagen Kecamatan Kepulauan Pongok Kabupaten Bangka Selatan. *Jurnal Ilmu Perairan*. Pangkalpinang.
- Hardiansyah, Ryan. 2016. Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid Diesel generator* Dan Angin Menggunakan Perangkat Lunak Homer (Studi Kasus Di Desa Batu Beriga Bangka Tengah). *Jurnal Ecotipe*. Pangkalpinang
- Iskandar, Akie. 2017. Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid Microhydro Pv array* (Studi Kasus Dusun Sadap Bangka Tengah. *Jurnal Arus Elektro Indonesia* (JAEI). Pangkalpinang.
- Prabowo, I.E. 2011. Seminar Pelatihan Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Pangkalpinang.
- Profil Kabupaten Bangka Selatan, 2019. Available : <http://bangkaselatankab.go.id/>
- Rahman, Alief. 2013. Pengetahuan Bahan Untuk Mesin & Listrik, Andi Publishing, Jakarta.
- Sukma, Dedi. 2015. Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid Diesel generator* Dan *Photovoltaic array* Menggunakan Perangkat Lunak Homer (Studi Kasus di Pulau Celagen Kabupaten Bangka Tengah). *Jurnal Ecotipe*. Pangkalpinang.
- Sumanto. 2005. Pengetahuan Bahan Untuk Mesin & Listrik. Andi Publishing, Jakarta.
- The HOMER Pro 3 *Software*. HOMER 3 Version 3.11.6. diakses pada 25 April 2019, <http://www.homerenergy.com>.
- Zuhail. 1991. Dasar Tenaga Listrik. ITB Bandung, Bandung